

ELECTROMAGNETIC SUSPENSION SYSTEM

BACKGROUND OF THE INVENTION

本発明は、電磁力による振動抑制用アクチュエータを用いたダンパに係り、特に、自動車、鉄道車両などに用いる好適な電磁サスペンション装置に関する。

従来の電磁サスペンション装置の一例として、特開 2002-257189 号公報に示す電磁サスペンション装置がある。この電磁サスペンション装置は、車両の車体と車軸との間に設けられている。この電磁サスペンション装置は、シリンダと該シリンダと相対変位可能なロッドとを有する伸縮部材（ショックアブソーバ）を備えている。前記シリンダには、磁石（磁性部材）が設けられた筒状部材が固定されている。また、前記ロッドには、コイル（コイル部材）が設けられた筒状部材が固定されている。

しかしながら、上述した電磁サスペンション装置では、伸縮部材（ショックアブソーバ）に横力が作用した際に、次の（１）～（３）の問題を生じる。

（１）一方の筒状部材に他方の筒状部材が強く押圧されて、一方の筒状部材に設けられた磁石と、他方の筒状部材に設けられたコイルとの間に摺動抵抗が発生し、伸縮部材の滑らかな作動を阻害させる虞がある。

（２）前記（１）の問題点解決のために、径方向に対して、磁石とコイルとの間の隙間を大きくすると、その分、磁石及びコイル間のギャップが広くなり、電磁力の低下、消費電力の増加を招くことになる。

（３）前記（１）の問題点解決のために、伸縮部材の剛性を高めれば、これに伴い伸縮部材の大型化と重量増を招き、適切な改善策になり得ない。

SUMMARY OF THE INVENTION

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、伸縮部材に作用する横力に関わりなく軸方向の相対変位を容易に得ることができる電磁サスペンション装置を提供することにある。

本発明は、シリンダと該シリンダと相対変位可能なロッドとを有する伸縮部材と、前記ロッドに設けられ、コイル部材または磁性部材のいずれか一方を備えた第１の筒状部材と、前記シリンダに対して径方向に移動可能でかつ軸方向に移動規制されて設けられ、磁性部材またはコイル部材のいずれか他方を備え、前記第

1の筒状部材の内側または外側に対向して設けられた第2の筒状部材と、を備えた電磁サスペンション装置を提供するものである。この電磁サスペンション装置においては、伸縮部材に横力が作用しても、この伸縮部材に作用する横力は、第2の筒状部材の径方向の移動又は揺動に関してほとんど影響することがない。このため、第1、第2の筒状部材の摺動・支持部材に過度の摺動摩擦が生じないので、第1、第2の筒状部材の軸方向のスムーズな相対変位を確保することができる。

また、本発明は、シリンダと該シリンダと相対変位可能なロッドとを有する伸縮部材と、前記シリンダに設けられ、コイル部材または磁性部材のいずれか一方を備えた第2の筒状部材と、前記ロッドに対して径方向に移動可能でかつ軸方向に移動規制されて設けられ、磁性部材またはコイル部材のいずれか他方を備え、前記第2の筒状部材の内側または外側に対向して設けられた第1の筒状部材と、を備えた電磁サスペンション装置を提供するものである。この電磁サスペンション装置においては、伸縮部材に横力が作用しても、この伸縮部材に作用する横力は、第1の筒状部材の径方向の移動（揺動）に関してほとんど影響することがない。このため、第1、第2の筒状部材の摺動・支持部材に過度の摺動摩擦が生じないので、第1、第2の筒状部材の軸方向のスムーズな相対変位を確保することができる。

また、本発明は、シリンダと該シリンダと相対変位可能なロッドとを有する伸縮部材と、前記シリンダに対して径方向に移動可能でかつ軸方向に移動規制されて設けられ、コイル部材または磁性部材のいずれか一方を備えた第2の筒状部材と、前記ロッドに対して径方向に移動可能でかつ軸方向に移動規制されて設けられ、磁性部材またはコイル部材のいずれか他方を備え、前記第2の筒状部材の内側または外側に対向して設けられた第1の筒状部材と、を備えた電磁サスペンション装置を提供するものである。この電磁サスペンション装置においては、第2の筒状部材はシリンダに対して径方向に移動可能で、かつ第1の筒状部材はロッドに対して径方向に移動可能であるので、伸縮部材に作用する横力による、第1、第2の筒状部材に対する影響をより低下させることができる。

また、本発明は、シリンダと該シリンダと相対変位可能なロッドとを有する伸

縮部材と、該伸縮部材に設けられ、前記ロッドの変位を案内するロッドガイドと、該ロッドガイドの外周側に設けられた球状軸受と、該球状軸受に揺動自在に案内されて設けられ、コイル部材または磁性部材のいずれか一方を備えた第２の筒状部材と、前記ロッドに一体的に、または、前記ロッドに対して径方向に移動可能でかつ軸方向に移動規制されて設けられ、磁性部材またはコイル部材のいずれか他方を備え前記第２の筒状部材に対向して設けられた第１の筒状部材と、を備えた電磁サスペンション装置を提供するものである。この電磁サスペンション装置によれば、伸縮部材に設けられたロッドガイドの外周側に配置される球状軸受に第２の筒状部材が揺動自在に案内されるので、第２の筒状部材の揺動は球状軸受を支点として行われる。

前記電磁サスペンション装置において、前記第１の筒状部材と前記第２の筒状部材との間に、各々を摺動案内するベアリング部材を設けてもよい。

前記電磁サスペンション装置において、前記シリンダと前記第２の筒状部材との間に、径方向への移動を許容し軸方向への移動を規制する自在継手機構を設けてもよい。

前記電磁サスペンション装置において、前記ロッドと前記第１の筒状部材との間に、径方向への移動を許容し軸方向への移動を規制する自在継手機構を設けてもよい。

前記電磁サスペンション装置において、前記シリンダと前記第２の筒状部材との間および前記ロッドと前記第１の筒状部材との間に、それぞれ径方向への移動を許容し軸方向への移動を規制する自在継手機構を設けてもよい。

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図１は、本発明の第１実施の形態に係る電磁サスペンション装置を示す断面図である。

図２は、図１の自在継手機構を示す断面図である。

図３は、図２の自在継手機構に代わる他の自在継手機構を示す断面図である。

図４は、図２、図３の自在継手機構に代わる他の自在継手機構を示す断面図である。

図５は、図２～図４の自在継手機構に代わる他の自在継手機構を示す断面図で

ある。

図 6 は、本発明の第 2 実施の形態に係る電磁サスペンション装置を示す断面図である。

図 7 は、本発明の第 3 実施の形態に係る電磁サスペンション装置を示す断面図である。

図 8 は、本発明の第 4 実施の形態に係る電磁サスペンション装置を示す断面図である。

図 9 は、本発明の第 5 実施の形態に係る電磁サスペンション装置の主要部を拡大して示す断面図である。

図 10 は、図 8 の自在継手機構に代わる他の自在継手機構を示す断面図である。

図 11 は、図 10 の自在継手機構に代わる他の自在継手機構を示す断面図である。

図 12 は、本発明の第 6 実施の形態に係る電磁サスペンション装置を示す断面図である。

図 13 は、図 12 の自在継手機構を示す断面図である。

図 14 は、本発明の第 7 実施の形態に係る電磁サスペンション装置の自在継手機構を示す断面図である。

図 15 は、図 14 の自在継手機構に代わる他の自在継手機構を示す断面図である。

図 16 は、本発明の第 8 実施の形態に係る電磁サスペンション装置の自在継手機構を示す断面図である。

図 17 は、本発明の第 9 実施の形態に係る電磁サスペンション装置を示す断面図である。

図 18 は、図 17 の自在継手機構を示す断面図である。

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

本発明の第 1 実施の形態に係る電磁サスペンション装置を図 1 及び図 2 に基づいて説明する。図 1 において、電磁サスペンション装置 1 は、車両の車体側 2 と車軸側 3 との間に設けられている。電磁サスペンション装置 1 は、伸縮部材としての油圧ダンパ 6（換言すれば、ショックアブソーバ）と、電磁リニアモータ 7

と、ばね機構 8 とを備えている。

油圧ダンパ 6 は、シリンダ 4 と、該シリンダ 4 と相対変位可能なピストンロッド 5 とを備えている。

シリンダ 4 は、アウターチューブ 9 と、インナーチューブ 10 とを備えており、2 重筒状の構造となっている。

ピストンロッド 5 の一端は、ピストン（図示省略）に取付けられている。前記ピストンは、インナーチューブ 10 内に嵌挿されており、これによって、インナーチューブ 10 内に 2 つの液室が画成されている。ピストンロッド 5 の他端は、ゴムブシュ（以下、車体側ゴムブシュという。）11 を介して、車体側 2（ばね上部材）に保持されたアップアマウント 12 に結合されている。ピストンロッド 5 から伝わる力は、車体側ゴムブシュ 11 を介して車体側 2 に伝わる。そのため、油圧ダンパ 6 の微振動や、ストロークに伴う油圧ダンパ 6 の若干の揺動及び傾きは、車体側ゴムブシュ 11 によって吸収される。

アウターチューブ 9（シリンダ 4）は、ピストンロッド 5 と反対側の端部を有しており、この端部は車軸側 3（ばね下部材）に連結されている。そして、油圧ダンパ 6 は、図示しない減衰力発生機構を有し、車体側 2 と車軸側 3 の相対変位に伴って生じるピストンとインナーチューブ 10（またはシリンダ 4）の相対変位によって減衰力を発生するようにしている。

電磁リニアモータ 7 は、筒状のアウターヨーク 16（第 1 の筒状部材）と、アウターヨーク 16 内に収納されアウターヨーク 16 に対して軸方向に相対変位可能とされた筒状のセンターヨーク 17（第 2 の筒状部材）とを有している。

アウターヨーク 16 は、ピストンロッド 5 に固定されるパイプ（以下、アウターヨーク側パイプという。）13 に支持されている。アウターヨーク 16 は、その内周部にコイル 15（コイル部材）が設けられている。

センターヨーク 17 は、一端部（図 1 下側）を有している。センターヨーク 17 の一端部は、自在継手機構 35 を介して、アウターチューブ 9（シリンダ 4）の外周部に取付けられている。センターヨーク 17 の外周部には、コイル 15 と協働して電磁力を発生するための永久磁石 18（磁性部材）が設けられている。

アウターヨーク側パイプ 13 は、上端部に、ピストンロッド 5 を通す孔 19 を

形成した蓋部（以下、アウターヨーク側パイプ蓋部という。）20を有している。アウターヨーク側パイプ蓋部20は、車体側ゴムブシュ11及びこの車体側ゴムブシュ11に挿入されたカラー22と、ピストンロッド5に設けた肩部21との間に挟まれている。これにより、アウターヨーク側パイプ13は、ピストンロッド5に支持されている。アウターヨーク側パイプ13の下端部に、アウターヨーク16が嵌合して支持されている。アウターチューブ9（シリンダ4）とセンターヨーク17との間には、軸方向に筒状に延びる隙間（以下、筒状隙間という。）23が形成されている。

センターヨーク17には、永久磁石18を覆うようにガイドパイプ24が取り付けられている。アウターヨーク16の一端側（ばね下側。図1下側）の内周部には、ドライメタル（以下、センターヨーク側ドライメタルという。）25が設けられている。センターヨーク側ドライメタル25は、ガイドパイプ24（又はセンターヨーク17）を軸方向に無潤滑で摺動案内する。センターヨーク17の他端側は、アウターチューブ9に接続されたキャップ26を越えて、ピストンロッド5に対面する位置まで延びている。センターヨーク17の他端側は、その端部に、ピストンロッド5を通す孔27を形成した蓋部（以下、センターヨーク蓋部という。）28が設けられている。センターヨーク蓋部28の孔27には、ドライメタル（以下、ピストンロッド側ドライメタルという。）29が設けられている。ピストンロッド側ドライメタル29は、ピストンロッド5を軸方向に無潤滑で摺動案内するようにしている。

コイル15には、保護部材（符号省略）で覆われたケーブル30が接続されている。ケーブル30を介して、図示しないモータドライバからの電力が、コイル15に供給される。電磁リニアモータ7は、コイル15への通電により永久磁石18との間に生じる電磁力によって推進力を供給し、コイル15及び永久磁石18の相対変位によりコイル15に生じる起電力によって減衰力を供給する。ピストンロッド5は、車体側ゴムブシュ11（弾性体）を介して、車体側2（ばね上部材）に保持されたアップアマウント12に結合されている。

ばね機構8は、アップアマウント12と、アウターチューブ9（シリンダ4）の外周部に固着されたばね受け31と、アップアマウント12とばね受け31と

の間に介装されたコイルばね 32 とから構成されている。

本実施の形態では、電磁リニアモータ 7 は、アウターヨーク 16、コイル 15、ガイドパイプ 24 を含むセンターヨーク 17、及び永久磁石 18 から大略構成されている。図示しないモータドライバからの電流がケーブル 30 を介してコイル 15 に流れることにより、コイル 15（又はアウターヨーク 16）と永久磁石 18（又はセンターヨーク 17）との間に相対的な推進力が発生する。

また、コイル 15（又はアウターヨーク 16）と永久磁石 18（又はセンターヨーク 17）とが軸方向に相対的変位したとき、コイル 15 と永久磁石 18 の電磁作用により、コイル 15（又はアウターヨーク 16）と永久磁石 18（又はセンターヨーク 17）との間に相対的な減衰力が発生する。

自在継手機構 35 は、図 1 に示すように、アウターチューブ 9（又はシリンダ 4）とセンターヨーク 17（第 2 の筒状部材）との間に設けられており、油圧ダンパ 6（特に、シリンダ 4 又はアウターチューブ 9）をセンターヨーク 17 に対して径方向への移動を許容しつつ軸方向への移動を規制するようにしている。

自在継手機構 35 は、図 2 に示すように、複数本（例えば 4 本）のピン 36 と、一対のガイド板 37、38 と、筒状の樹脂製のガイドブシュ 39 とから大略構成されている。複数のピン 36 は、センターヨーク 17 の内周側に設けられており、周方向に沿って所定の間隔を空けて配置されている。ピン 36 は、センターヨーク 17 の内周壁から径方向内側に向かって垂直に延びている。一対のガイド板 37、38 は、環状の第 1 ガイド板 37 と、環状の第 2 ガイド板 38 とからなっており、アウターチューブ 9 の周方向に沿って配置されている。第 1 ガイド板 37 と第 2 ガイド板 38 は、第 1 ガイド板 37 と第 2 ガイド板 38 との間にピン 36 が配置されるように、アウターチューブ 9 の長手方向に沿って（図中上下方向に）並べられて配置されている。第 1 ガイド板 37 の内周部と第 2 ガイド板 38 内周部は、アウターチューブ 9 の外周部に固定されている。筒状のガイドブシュ 39 は、ピン 36 に嵌合して設けられており、樹脂から構成されている。ピン 36 に嵌合されたガイドブシュ 39 は、第 1 ガイド板 37 と第 2 ガイド板 38 との間に摺動可能に挿入されている。

この第 1 実施の形態によれば、自在継手機構 35 が、アウターチューブ 9（又

はシリンダ４）とセンターヨーク１７（第２の筒状部材）との間に設けられ、アウターチューブ９とセンターヨーク１７との間の相対的な径方向への移動を許容する。これにより、例えば、油圧ダンパ６（又はアウターチューブ９）に横力が作用しても、一对のガイド板３７、３８が、ピン３６に嵌合されたガイドブッシュ３９上を摺動しながら、ピン３６に沿って径方向に移動する。すなわち、油圧ダンパ６（特にシリンダ４又はアウターチューブ９）がセンターヨーク１７に対して径方向へ移動又は揺動することから、この油圧ダンパ６に作用する横力は、センターヨーク１７（又は永久磁石１８）にほとんど影響を与えることがない。したがって、油圧ダンパ６が径方向へ移動又は揺動しても、センターヨーク１７（又は永久磁石１８）は、径方向へ移動又は揺動することがほとんどなく軸方向へ往復運動することができる。これによって、センターヨーク１７（又は永久磁石１８）とアウターヨーク１６（又はコイル１５）との間の間隙がほど一定に維持されると共に、センターヨーク１７のセンターヨーク蓋部２８とピストンロッド５との間の間隙がほど一定に維持される。このため、摺動・支持部材であるセンターヨーク側ドライメタル２５とガイドパイプ２４との間の摺動抵抗を小さく保つことができ、また、摺動・支持部材であるピストンロッド側ドライメタル２９とピストンロッド５との間の摺動抵抗を小さく保つことができ、センターヨーク側ドライメタル２５とピストンロッド側ドライメタル２９の過度の摩滅を防止することができる。これによって、センターヨーク１７（又は永久磁石１８）とアウターヨーク１６（又はコイル１５）との軸方向のスムーズな相対変位、及びピストンロッド５とセンターヨーク１７との軸方向のスムーズな相対変位を確保することができる。

一方、油圧ダンパ６（又はアウターチューブ９）に縦方向の力が作用した場合、一对のガイド板３７、３８は、軸方向に沿った移動がピン３６により規制されることから、シリンダ４（又はアウターチューブ９）とセンターヨーク１７（又は永久磁石１８）との間に軸方向に沿った相対的な移動が生じることがなく、センターヨーク１７（又は永久磁石１８）は、シリンダ４（又はアウターチューブ９）と一緒に移動する。

上述したように、センターヨーク１７及びアウターヨーク１６のスムーズな相

対変位の確保を、永久磁石 18 及びコイル 15 間のギャップを広くすることなく果しているので、電磁力の低下、消費電力の増加を招くことがない。また、センターヨーク 17 及びアウターヨーク 16 のスムーズな相対変位の確保を、前記ギャップの広狭に関わりなく果たすことができるので、前記ギャップを狭くすることにより電磁力の増加、消費電力の低減を図ることができる。

さらに、油圧ダンパ 6 の剛性に関わりなく、センターヨーク 17 及びアウターヨーク 16 のスムーズな相対変位を確保できるので、センターヨーク 17 及びアウターヨーク 16 のスムーズな相対変位を確保するために、油圧ダンパ 6 の剛性を増大化させるような処置等が不要となる。

また、この第 1 実施の形態では、アウターチューブ 9 と、永久磁石 18 を有するセンターヨーク 17 の内周壁との間には、筒状隙間 23 が形成されている。これにより、油圧ダンパ 6 の作動時に、筒状隙間 23 内に空気の流れが生じ、冷却効率が高められる。さらに、油圧ダンパ 6 で生じた熱が電磁リニアモータ 7 の永久磁石 18 に伝搬されることが抑制される。

また、アウターチューブ 9 と永久磁石 18 を有するセンターヨーク 17 との間には筒状隙間 23 が形成されているので、油圧ダンパ 6 と電磁リニアモータ 7 とは熱的にほぼ絶縁されることになる。このため、電磁リニアモータ 7 に流す電流によって、電磁リニアモータ 7 の温度を管理でき、電磁リニアモータ 7 の信頼性を向上できる。また、電磁リニアモータ 7 の長寿命化を図ることができる。

図 1 及び図 2 に示す自在継手機構 35 に代えて、図 3 に示す自在継手機構 35 A を用いてもよい。図 3 に示す自在継手機構 35 A は、図 2 のピン 36 及びガイドブシュ 39 に代えて、図 3 に示すピン 36 A 及びゴムブシュ 39 A を用いたことが図 1 及び図 2 に示す自在継手機構 35 と異なっている。

ピン 36 A は、円柱状のピン本体 36 b と、ピン本体 36 b の中央部分に形成された拡径部 36 c とからなっている。ピン 36 A には、略角柱形状のゴムブシュ 39 A が嵌合されている。ゴムブシュ 39 A は、その内部に中空部が形成されており、その中空部にピン 36 A が嵌合されている。ゴムブシュ 39 A の中空部は、その両端側に設けられた、ピン本体 36 b と略同径の孔と、その中央部分に設けられた、拡径部 36 c と略同径の凹み筒部 39 b とを備えている。凹み筒部

39bに、拡張部36cが嵌合されている。そして、このゴムブシュ39Aの上側は、第1ガイド板37に接着して固定されており、ゴムブシュ39Aの下側は、第2ガイド板38に接着して固定されている。

このように構成された自在継手機構35Aは、ピン本体36bと第1、第2ガイド板37、38との間の厚肉となったゴムブシュ39Aが径方向に変形することにより、油圧ダンパ6のセンターヨーク17に対する径方向の移動又は油圧ダンパ6に対するセンターヨーク17の径方向の移動が許容される。このことから、センターヨーク17（又は永久磁石18）の、アウターヨーク16（又はコイル15）に対する軸方向のスムーズな相対変位を確保することができる。また、凹み筒部39bに拡張部36cが嵌合されていることから、拡張部36cと第1、第2ガイド板37、38との間のゴムブシュ39Aは薄肉となり、軸方向への変形が殆どなく、油圧ダンパ6に対するセンターヨーク17の軸方向への移動を規制することができる。このため、摺動・支持部材であるセンターヨーク側ドライメタル25とガイドパイプ24との間の摺動抵抗を小さく保つことができ、また、摺動・支持部材であるピストンロッド側ドライメタル29とピストンロッド5との間の摺動抵抗を小さく保つことができ、摺動・支持部材（センターヨーク側ドライメタル25及びピストンロッド側ドライメタル29）の過度の摩滅を抑えることができる。

図1及び図2に示す自在継手機構35に代えて、図4に示す自在継手機構35Bを用いてもよい。自在継手機構35Bは、図4に示すように、センターヨーク17の内側に設けられた2本のピン（以下、センターヨーク側ピンという）45と、センターヨーク17とアウターチューブ9との間に配置されたリング46とを有している。2本のセンターヨーク側ピン45は、センターヨーク17の内側壁から半径方向内側に向いて延びており、相対向するように配置されている。リング46には、図4に示すように、90度間隔で4つの孔（便宜上、周方向に順に、第1～4孔47～50という。）が形成されており、第1～4孔47～50にはドライメタルが装着されている。

2本のセンターヨーク側ピン45は、第1、第3孔47、49のドライメタル（便宜上、自在継手第1ドライメタルという。）51にそれぞれ、挿入されている。

そして、リング46は、2本のセンターヨーク側ピン45を中心として回転できるように、第1、第3孔47、49の自在継手第1ドライメタル51を介して、センターヨーク側ピン45に回転可能に支持されている。第2、第4孔48、50のドライメタルを、以下、便宜上、自在継手第2ドライメタル52という。

ここで、説明の便宜上、センターヨーク側ピン45の中心軸をa軸、このa軸と直交する軸をb軸という。アウターチューブ9には、2本のピン（以下、アウターチューブ側ピンという）53が設けられている。アウターチューブ側ピン53は、アウターチューブ9の外側壁から半径方向外側に向けて延びており、相対向するように配置されている。2本のアウターチューブ側ピン53は、第2、第4孔48、50の自在継手第2ドライメタル52にそれぞれ、挿入されている。アウターチューブ側ピン53は、それぞれ、第2、第4孔48、50の自在継手第2ドライメタル52に回転可能に支持されており、これによって、アウターチューブ側ピン53は、b軸を中心として回転できるようにリング46に支持されている。

なお、上述したように、リング46は、第1、第3孔47、49の自在継手第1ドライメタル51によって、a軸を中心として回転できるようにセンターヨーク側ピン45に支持されている。

また、センターヨーク17とリング46との間には所定の隙間55が形成されている。また、アウターチューブ9とリング46との間には所定の隙間56が形成されている。

そのため、油圧ダンパ6（又はアウターチューブ9）にa軸方向に沿った横力が作用したとき、シリンダ4は、アウターチューブ側ピン53及びリング46と一緒に、センターヨーク側ピン45の軸方向（a軸方向）に沿って、センターヨーク17に対して移動する。あるいは、シリンダ4は、アウターチューブ側ピン53と一緒に、b軸を中心として回転又は揺動する。

一方、油圧ダンパ6（又はアウターチューブ9）にb軸方向に沿った横力が作用したとき、シリンダ4及びアウターチューブ側ピン53は、アウターチューブ側ピン53の軸方向（b軸方向）に沿って、リング46又はセンターヨーク17に対して移動する。あるいは、シリンダ4は、リング46及びアウターチューブ

側ピン53と一緒に、a軸を中心として回転又は揺動する。

これによって、油圧ダンパ6が径方向へ移動又は揺動しても、センターヨーク17（又は永久磁石18）は、径方向へ移動又は揺動することがほとんどなく軸方向へ往復運動することができる。したがって、センターヨーク17（又は永久磁石18）とアウターヨーク16（又はコイル15）との間の間隙がほど一定に維持されると共に、センターヨーク17のセンターヨーク蓋部28とピストンロッド5との間の間隙がほど一定に維持される。

一方、シリンダ4は、軸方向に関しては、アウターチューブ側ピン53、リング46、及びセンターヨーク側ピン45を介してセンターヨーク17に固定されている。このように、図4に示す自在継手機構35Bは、シリンダ4（又はアウターチューブ9）をセンターヨーク17に対して径方向への移動を許容しつつ軸方向への移動を規制するようにしている。

すなわち、油圧ダンパ6のアウターチューブ9は、アウターチューブ側ピン53及びリング46と一体的になって、センターヨーク17に対してa軸回りに対して回転すると共に、a軸方向への移動が可能になる。さらに、アウターチューブ9は、アウターチューブ側ピン53と一体的になって、リング46に対してb軸回りに対して回転すると共に、b軸方向への移動が可能になる。これにより、自在継手機構35Bは、油圧ダンパ6に対してセンターヨーク17をその軸方向に移動することを規制して径方向（油圧ダンパ6、電磁リニアモータ7の軸に直交する径方向）にのみ移動を許容することができる。

また、図5に示す自在継手機構35Cを用いてもよい。

自在継手機構35Cは、図5に示すように、センターヨーク17の内周部に形成された環状溝（センターヨーク側環状溝60）と、アウターチューブ9の外周部に上下方向に並べて固着された環状の第1、第2ガイド板61、62と、第1、第2ガイド板61、62間に形成される環状溝（アウターチューブ側環状溝63）及びセンターヨーク側環状溝60に挿入した止め輪（例えばC形止め輪）64とを備えている。

上述した構成により自在継手機構35Cによっても、センターヨーク17をアウターチューブ9（シリンダ4）に対して径方向への移動を許容しつつ軸方向へ

の移動を規制することができる。

次に、本発明の第2実施の形態に係る電磁サスペンション装置1Aを図6に基づいて説明する。電磁サスペンション装置1Aは、第1実施の形態の電磁サスペンション装置1に比して、(1)センターヨーク17のセンターヨーク蓋部28を廃止したこと、(2)センターヨーク蓋部28とピストンロッド5との間に設けたピストンロッド側ドライメタル29を廃止したこと、(3)センターヨーク17の他端側とアウターヨーク16を支持するアウターヨーク側パイプ13（第1の筒状部材）との間にドライメタル（以下、パイプ側ドライメタルという）66を設けたことが、主に異なっている。パイプ側ドライメタル66は、センターヨーク17の他端側に取り付けられている。なお、図1に示す部材と同等の部材については同一の符号を付し、その説明は適宜省略する。

この電磁サスペンション装置1Aにおいては、第1実施の形態の電磁サスペンション装置1と同様に、アウターヨーク16は、アウターヨーク側パイプ13（第1の筒状部材）を介してピストンロッド5に固定されており、アウターチューブ9（シリンダ4）は、センターヨーク17（第2の筒状部材）に対して径方向に移動可能でありかつセンターヨーク17に対する軸方向の移動を規制している。

そして、電磁サスペンション装置1と同様に、油圧ダンパ6のセンターヨーク17に対する径方向の移動が許容されていることから、摺動・支持部材であるセンターヨーク側ドライメタル25及びパイプ側ドライメタル66に過度の摺動摩擦が生じないので、第2の筒状部材としてのセンターヨーク17（又は永久磁石18）と、第1の筒状部材としてのアウターヨーク16（又はコイル15）との軸方向のスムーズな相対変位を確保することができる。

次に、本発明の第3実施の形態に係る電磁サスペンション装置1Bを図7に基づいて説明する。電磁サスペンション装置1Bは、第1実施の形態に係る電磁サスペンション装置1に比して、センターヨーク17の一端部とアウターチューブ9（シリンダ4）の外周部との間に設けた自在継手機構35を廃止したこと、センターヨーク17の一端部とアウターチューブ9に接続されたキャップ26との間に自在継手機構35Dを設けたことが、主に異なっている。なお、図1に示す部材と同等の部材については同一の符号を付し、その説明は適宜省略する。

自在継手機構 3 5 D は、前記図 5 の自在継手機構 3 5 C に比して、環状の第 1、第 2 ガイド板 6 1、6 2 を廃止したこと、キャップ 2 6 に環状溝（キャップ側環状溝）6 7 を形成したこと、センターヨーク側環状溝 6 0 に代えてセンターヨーク 1 7 の内周部の車体側 2 にセンターヨーク側環状溝 6 0 a を設けたこと、及びキャップ側環状溝 6 7 及びセンターヨーク側環状溝 6 0 a に止め輪 6 4 が挿入されることが、異なっている。

電磁サスペンション装置 1 B によれば、電磁サスペンション装置 1 と同様に、油圧ダンパ 6 のセンターヨーク 1 7 に対する径方向の移動が許容されるので、摺動・支持部材であるセンターヨーク側ドライメタル 2 5 及びピストンロッド側ドライメタル 2 9 に過度の摺動摩滅が生じない。このため、第 2 の筒状部材としてのセンターヨーク 1 7（又は永久磁石 1 8）と、第 1 の筒状部材としてのアウターヨーク 1 6（又はコイル 1 5）との軸方向のスムーズな相対変位、及びピストンロッド 5 とセンターヨーク 1 7 との軸方向のスムーズな相対変位を確保することができる。また、自在継手機構 3 5 D が路面から離れた位置に設置されるので、防塵、防水などの点で有利となる。

次に、本発明の第 4 実施の形態に係る電磁サスペンション装置 1 C を図 8 に基づいて説明する。なお、図 1 に示す部材と同等の部材については同一の符号を付し、その説明は適宜省略する。

電磁サスペンション装置 1 C は、図 8 に示すように、センターヨーク 1 7 のセンターヨーク蓋部 2 8 とキャップ 2 6 との間に自在継手機構 3 5 E を設けている。自在継手機構 3 5 E は、センターヨーク蓋部 2 8 の孔 2 7 を中心にして周方向に複数個形成された孔 6 8 と、この孔 6 8 に挿入されるピン（キャップ固定ピン）6 9 とを備えている。キャップ固定ピン 6 9 は、孔 6 8 に挿入されてキャップ 2 6 に固定されるピン本体 7 0 と、ピン本体 7 0 に固定されたピン頭部 7 1 とからなっている。キャップ固定ピン 6 9 は、ピン頭部 7 1 がセンターヨーク蓋部 2 8 の外面部に当接することにより、センターヨーク 1 7 をキャップ 2 6 に固定している。孔 6 8 の直径は、ピン本体 7 0 の直径に比して大きくされており、シリンダ 4（又は油圧ダンパ 6）は、ピン本体 7 0 に案内されて、センターヨーク 1 7 に対して径方向へ移動可能となっている。

電磁サスペンション装置 1 C は、キャップ 2 6（シリンダ 4）とセンターヨーク 1 7 のセンターヨーク蓋部 2 8（第 2 の筒状部材）との間に設けられた自在継手機構 3 5 E を備えており、自在継手機構 3 5 E により、油圧ダンパ 6 特にシリンダ 4 のセンターヨーク 1 7 に対する径方向への移動を許容し軸方向への移動を規制するようにしている。

次に、本発明の第 5 実施の形態に係る電磁サスペンション装置 1 a 1 を図 9 に基づいて説明する。なお、図 1 に示す部材と同等の部材については同一の符号を付し、その説明は適宜省略する。

この電磁サスペンション装置 1 a 1 は、アウターチューブ 9 に接続されたキャップ 2 6（ロッドガイドに相当する）を有している。キャップ 2 6 の内側には、このキャップ 2 6 と一体となったロッドガイド 2 6 a が設けられ、ロッドガイド 2 6 a の内側には、ドライメタル（以下、キャップ内ドライメタルという）2 9 a が設けられており、ピストンロッド 5 を摺動案内するようにしている。

キャップ 2 6 とアウターチューブ 9 には、リング部材 8 0（球状軸受に相当する）が設けられている。リング部材 8 0 は、キャップ 2 6 のアウターチューブ 9 側部分とアウターチューブ 9 のキャップ 2 6 側部分との間を延びている。リング部材 8 0 は、アウターチューブ 9 の内側に嵌合する筒状のリング部材基部 8 1 と、リング部材基部 8 1 に接続しキャップ 2 6 の外周を覆う筒状のリング部材本体 8 2 と、から大略構成されている。リング部材本体 8 2 には、円弧状の外周部（以下、円弧状外周部という）8 3 が形成されている。円弧状外周部 8 3 は、その外周面が、ドライメタル中心 8 4 から同等距離になる（すなわち、球面を形成する）ように設定されている。

ここで、ドライメタル中心 8 4 は、キャップ内ドライメタル 2 9 a の高さ方向（図 9 上下方向）の中心であり、ピストンロッド 5（ロッドに相当する）の軸心でもある点とされている。

この電磁サスペンション装置 1 a 1 では、分割タイプのセンターヨーク 1 7 a（第 2 の筒状部材に相当する）を用いている。センターヨーク 1 7 a は、筒状のセンターヨーク本体 8 6 と、筒状のセンターヨーク分割体 8 8 とからなっている。筒状のセンターヨーク本体 8 6 の外周部には、コイル 1 5 と協働して電磁力を発

生するための永久磁石 18 が設けられている。筒状のセンターヨーク分割体 88 は、センターヨーク本体 86 の図 9 上側の端部にボルト 87 により結合される。このように、センターヨークを分割タイプとすることにより、その内側にリング部材 80 を収納できるようにしている。

センターヨーク本体 86 及びセンターヨーク分割体 88 の接合部の内側には、リング部材 80 の円弧状外周部 83 に沿う形状の凹面部 89 が形成されている。この凹面部 89 に円弧状外周部 83 が摺動可能に収納されている。そして、上述したようにリング部材 80 をキャップ 26 及びアウターチューブ 9 に設けることにより、アウターチューブ 9（シリンダ 4）のセンターヨーク 17 a に対する揺動又はセンターヨーク 17 a のアウターチューブ 9（シリンダ 4）に対する揺動を、リング部材 80 を介して許容し得るようになっている。

例えばセンターヨーク 17 a は、センターヨーク 17 a の下方側の端部を自由端とし、リング部材 80 が凹面部 89 に沿って摺動することにより、センターヨーク 17 a はドライメタル中心 84 を中心にして揺動する。同様に、シリンダ 4 は、ドライメタル中心 84 を中心にして揺動する。

このため、油圧ダンパ（シリンダ 4）に横方向の力が作用した際、この力によってアウターヨーク 16（コイル）とセンターヨーク 17 a（永久磁石 18）とに過度の摺動摩擦が生じるようなことを回避でき、これにより、アウターヨーク 16（コイル）とセンターヨーク 17 a（永久磁石 18）とが軸方向に対してスムーズに相対移動（ストローク）することができる。

この電磁サスペンション装置 1 a 1 は、さらに、フランジ 22 a を備えたカラー 22 と、アウターヨーク側パイプ蓋部 20 の孔 75〔第 2 実施の形態の電磁サスペンション装置 1 A（図 6）の孔 19 に比して大径〕と、ピストンロッド 5 の肩部 21 と、からなる自在継手機構 35 H を備えている。この電磁サスペンション装置 1 a 1 は、自在継手機構 35 H を上述したように設けたことにより、ピストンロッド 5 のアウターヨーク側パイプ 13〔アウターヨーク 16（第 1 の筒状部材に相当する。）〕に対する径方向の相対移動を許容すると共に、アウターヨーク側パイプ 13（アウターヨーク 16）は、軸方向に移動規制されている。

このため、油圧ダンパ 6（ピストンロッド 5）に横方向の力が作用した際、こ

の力がアウターヨーク側パイプ１３（アウターヨーク１６）に作用することが抑制され、この作用によっても、アウターヨーク１６（コイル）とセンターヨーク１７ａ（永久磁石１８）とに過度の摺動摩擦が生じるようなことを回避でき、アウターヨーク１６（コイル）とセンターヨーク１７ａ（永久磁石１８）との軸方向のスムーズな相対移動（ストローク）を確保できる。

図８の自在継手機構３５Ｅに代えて、図１０に示す自在継手機構３５Ｆを用いてもよい。自在継手機構３５Ｆは、孔６８にゴムブッシュ７２を挿入し、ゴムブッシュ７２のボアにキャップ固定ピン６９のピン本体７０を挿入して構成されている。このように構成することにより、シリンダ４（又は油圧ダンパ６）のセンターヨーク１７に対する径方向への移動の際に、音の発生を効果的に抑えることができる。

自在継手機構としては、図１１に示す自在継手機構３５Ｇを用いることができる。自在継手機構３５Ｇは、図５の自在継手機構３５Ｃに比して、センターヨーク１７とアウターチューブ９との間の筒状隙間２３（下端側部分）に磁性流体７３を封入していることが異なっている。また、磁性流体７３を筒状隙間２３内にシールするために、環状の第１ガイド板６１と止め輪６４（この場合、切欠のない環状の止め輪）との間にＯリング７４ａが装着され、また、センターヨーク１７と止め輪６４との間にＯリング７４ｂが装着されている。磁性流体７３も磁気回路の一部を構成することができるので、センターヨーク１７の肉厚を大きくすると同様の効果を持つことになる。その分、センターヨーク１７の肉厚を薄くして、電磁リニアモータ７の小径化及び軽量化を図ることができる。

次に、本発明の第６実施の形態に係る電磁サスペンション装置１Ｄを図１２及び図１３に基づいて説明する。電磁サスペンション装置１Ｄは、第２実施の形態の電磁サスペンション装置１Ａ（図６）に比して、センターヨーク１７の一端部とアウターチューブ９（シリンダ４）の外周部との間に設けた自在継手機構３５を廃止したこと、アウターヨーク側パイプ蓋部２０すなわちアウターヨーク１６〔第１の筒状部材〕とピストンロッド５との間に自在継手機構３５Ｈを設けたこと、センターヨーク１７にアウターチューブ９を嵌合して油圧ダンパ６及び電磁リニアモータ７を一体化したことが、主に異なっている。本実施の形態において、

センターヨーク 17 が第 2 の筒状部材を構成している。

図 12 及び図 13 において、アウターヨーク側パイプ蓋部 20 の孔 19 A は、第 2 実施の形態の電磁サスペンション装置 1 A (図 6) のアウターヨーク側パイプ蓋部 20 の孔 19 に比して大径となっており、アウターヨーク側パイプ蓋部 20 とピストンロッド 5 との間に大きな空間部 75 が形成されている。これによって、ピストンロッド 5 及びアウターヨーク側パイプ 13 (アウターヨーク 16) の径方向の相対移動を許容するようにしている。カラー 22 の下端側にはフランジ 22 a が形成されている。フランジ 22 a は、アウターヨーク側パイプ蓋部 20 と車体側ゴムブシュ 11 との間に配置されている。これによって、アウターヨーク側パイプ蓋部 20 が、フランジ 22 a とピストンロッド 5 の肩部 21 との間に挟み付けられている。自在継手機構 35 H は、フランジ 22 a を備えたカラー 22 と、アウターヨーク側パイプ蓋部 20 の孔 19 A と、ピストンロッド 5 の肩部 21 とから構成されている。

電磁サスペンション装置 1 D においては、自在継手機構 35 H を設けたことにより、ピストンロッド 5 の肩部 21 とカラー 22 とに、アウターヨーク側パイプ蓋部 20 ひいてはアウターヨーク側パイプ 13 が固定される。一方、アウターヨーク側パイプ蓋部 20 の孔 19 A の径がピストンロッド 5 のうち上方に延びるシャフト部分よりも大きく、アウターヨーク側パイプ蓋部 20 とピストンロッド 5 との間に大きな空間部 75 が形成されている。このため、ピストンロッド 5 は、アウターヨーク側パイプ 13 ひいてはアウターヨーク 16 に対して軸方向 (ストローク方向) には移動規制がされる。一方、ピストンロッド 5 は、アウターヨーク側パイプ 13 ひいてはアウターヨーク 16 に対して径方向 (ストローク方向と直交する方向) に対しては移動可能とされる。

上述したように、この電磁サスペンション装置 1 D は、ピストンロッド 5 に横力が作用しても、ピストンロッド 5 のアウターヨーク側パイプ 13 ひいてはアウターヨーク 16 に対する径方向の移動が許容されている。したがって、ピストンロッド 5 に横力が作用したとき、アウターヨーク側パイプ 13 ひいてはアウターヨーク 16 に対して、ピストンロッド 5 が径方向に移動する。このとき、ピストンロッド 5 と共に、シリンダ 4 とセンターヨーク 17 とがピストンロッド 5 に対

して変位することなく全体的に径方向に平行に移動する。したがって、アウターヨーク１６の一端側の内周部に設けたセンターヨーク側ドライメタル２５に、永久磁石１８を覆うようにガイドパイプ２４が一様に摺動する。また、センターヨーク１７の他端側に取り付けられているパイプ側ドライメタル６６に、アウターヨーク１６の内周部に設けられたコイル１５が一様に摺動する。この結果、摺動・支持部材であるセンターヨーク側ドライメタル２５及びパイプ側ドライメタル６６に過度の摺動摩擦が生じないので、第２の筒状部材としてのセンターヨーク１７（又は永久磁石１８）と、第１の筒状部材としてのアウターヨーク１６（又はコイル１５）との軸方向のスムーズな相対変位を確保することができる。

なお、上記各実施の形態では、電磁サスペンション装置１、１Ａ、１Ｂ、１Ｃ、１ａ１、１Ｄを自動車に用いた場合を例にしたが、これに限らず、鉄道車両の車体（車体側）と台車（車軸側）との間に設けるヨーダンパとして用いたり、その他の車両や構造物及び建築物などに用いたりしてもよい。後述する実施の形態の電磁サスペンション装置１ａ２、１ａ３、１ａ４においても同様である。また、上記各実施の形態においては、伸縮部材として油圧ダンパ６を用いて電磁リニアモータによる減衰力を補うようにしたものを示したが、本発明はこれに限らず、伸縮部材として、例えば、摺動摩擦により摩擦力を発生する摩擦ダンパ、シリンダ内に油液（またはエア）を給排することで伸縮する油圧（またはエア）シリンダ等を用いることもできる。

次に、本発明の第７実施の形態に係る電磁サスペンション装置１ａ２を、図１４に基づき、図１及び図２（第１実施の形態）を参照して説明する。図１及び図２の電磁サスペンション装置１は、自在継手機構３５を、アウターチューブ９におけるばね受け３１側部分とセンターヨーク１７（第２の筒状部材）との間に介装しているが、電磁サスペンション装置１ａ２は、図１及び図２の自在継手機構３５を廃止し、図１４に示すように、自在継手機構３５に略対応する構成の自在継手機構３５ｂ１をアウターチューブ９におけるピストンロッド５の突出側部分（キャップ２６側部分）とセンターヨーク１７との間に介装している。

また、アウターヨーク１６（第１の筒状部材）の一端側（ばね下側。図１下側）の内周部には、センターヨーク側ドライメタル２５（図１参照）が設けられてお

り、ガイドパイプ 2 4（センターヨーク 1 7）を軸方向に無潤滑で摺動案内するようにしている。

図 1 4 において、自在継手機構 3 5 b 1 は、複数本（例えば 4 本）のピン 3 6 と、ゴム又は弾性を有する樹脂製のインシュレータ 3 9 K と、環状の固定部材 9 0 と、から大略構成されている。

ピン 3 6 は、センターヨーク 1 7 の一端部（図 1 4 上側）の内周側に周方向に沿って所定の間隔を空けて設けられており、センターヨーク 1 7 の内周壁から該内周壁に対して垂直方向に（換言すれば、径方向に）延びている。

インシュレータ 3 9 K は貫通孔を有しており、ピン 3 6 は、この貫通孔に挿通される。インシュレータ 3 9 K が嵌合されたピン 3 6 は、キャップ 2 6 と、環状の固定部材 9 0 との間に挟み込まれている。キャップ 2 6 は、アウターチューブ 9 に接続された筒状部材 2 6 b に取り付けられている。

固定部材 9 0 とピストンロッド 5 との間には、ドライメタル（以下、固定部材側ドライメタルという。） 2 9 b が介装されている。

固定部材 9 0 は、固定部材側ドライメタル 2 9 b に対面する固定部材本体 9 1 と、固定部材本体 9 1 から軸方向に延びる軸方向延設部 9 2、固定部材本体 9 1 から径方向外方に延びる径方向延設部 9 3 と、からなっている。軸方向延設部 9 2 は、キャップ 2 6 の上端面部に形成された環状溝 9 4 に嵌合し、キャップ 2 6 に対して固定されている。

ピン 3 6 は、その先端部と固定部材本体 9 1 との間に空間を空けて、インシュレータ 3 9 K を装着した状態でキャップ 2 6 の端面部と径方向延設部 9 3 との間に挿入されている。

そして、自在継手機構 3 5 b 1 は、キャップ 2 6 ひいてはアウターチューブ 9（シリンダ 4）とセンターヨーク 1 7 との間に設けられ、アウターチューブ 9 のセンターヨーク 1 7 に対する径方向への移動を許容し、軸方向への移動を規制するようにしている。

この第 7 実施の形態によれば、自在継手機構 3 5 b 1 がアウターチューブ 9（シリンダ 4）とセンターヨーク 1 7 との間に設けられ、アウターチューブ 9 のセンターヨーク 1 7 に対する径方向への移動を許容するので、油圧ダンパ 6（アウタ

一チューブ 9) に横力が作用しても、この油圧ダンパ 6 に作用する横力は、センターヨーク 17 の径方向の移動（揺動）に関してほとんど影響することがない。このため、摺動・支持部材であるセンターヨーク側ドライメタル 25 及びパイプ側ドライメタル 66 に過度の摺動摩擦が生じないので、センターヨーク 17 とアウターヨーク 16 との軸方向のスムーズな相対変位、及びピストンロッド 5 とセンターヨーク 17 との軸方向のスムーズな相対変位を確保することができる。

また、固定部材 90 とピン 36 との間にインシュレータ 39K を設けているので、固定部材 90 とピン 36 との直接接触（メタルコンタクト）又はキャップ 26 とピン 36 との直接接触（メタルコンタクト）が回避され、音の発生を抑制できる。

なお、センターヨーク 17 の一端部の内周側に垂設されたピン 36 に代えて、センターヨーク 17 の一端部の内周側に環状の板状体を固定して設けても良い。

また、図 15 に示すように、図 14 の自在継手機構 35b1 に代えて自在継手機構 35b2 を用いるようにしてもよい。

図 15 において、自在継手機構 35b2 は、図 3 の自在継手機構 35A と対応する構成となっている。すなわち、自在継手機構 35b2 は、図 14 のピン 36 に代えて、図 3 に示すピン 36L を設けたこと、及びインシュレータ 39K に代えてピン 36L に沿う形状のインシュレータ 39L を設けたことが図 14 に示す自在継手機構 35b1 と異なっている。

ピン 36L は、円柱状のピン本体 36bL と、ピン本体 36bL の中央部分に形成された拡径部 36cL とからなっている。インシュレータ 39L は、略角柱形状をなし、中空部を有している。その中空部は、その両端側に設けられた、ピン本体 36bL と略同径の孔と、その中央部分に設けられた、拡径部 36cL と略同径の凹み筒部 39bL とを備えている。凹み筒部 39bL には、拡径部 36cL が嵌合されている。そして、このインシュレータ 39L の上側は、固定部材 90 に接着して固定されており、インシュレータ 39L の下側は、キャップ 26 に接着して固定されている。

このように構成された自在継手機構 35b2 においては、ピン本体 36bL と固定部材 90 との間にあり、また、ピン本体 36bL とキャップ 26 との間にあ

る厚肉となったインシュレータ 39 L が、径方向に変形することができる。これにより、油圧ダンパ 6 のセンターヨーク 17 に対する径方向の移動が許容されることから、第 2 の筒状部材としてのセンターヨーク 17（又は永久磁石 18）が第 1 の筒状部材としてのアウターヨーク 16（又はコイル 15）に対する軸方向のスムーズな相対変位を確保することができる。また、凹み筒部 39 b L に拡張部 36 c L が嵌合されていることから、拡張部 36 c L と固定部材 90 との間にあり、また、拡張部 36 c L とキャップ 26 との間にあるインシュレータ 39 L は薄肉となり、軸方向への変形が殆どなく、油圧ダンパ 6 に対するセンターヨーク 17 の軸方向への移動を規制することができる。このため、摺動・支持部材（センターヨーク側ドライメタル 25 及びピストンロッド側ドライメタル 29）の過度の摺動摩擦の発生を抑えることができる。

また、インシュレータ 39 L によって、固定部材 90 とピン 36 L との直接接触（メタルコンタクト）又はキャップ 26 とピン 36 L との直接接触（メタルコンタクト）を回避して音の発生を抑制することができる。

図 14 のゴム又は弾性を有する樹脂製のインシュレータ 39 K 及び図 15 のゴム又は弾性を有する樹脂製のインシュレータ 39 L に代えて、リニアアクチュエータの制御に影響を与えない、すなわち、変形量が微小な皿ばね、波状ばね、コイルばねを設け、これら各部材が有する弾性を利用して、固定部材 90 とピン 36 又は 36 L との直接接触（メタルコンタクト）又はキャップ 26 とピン 36 又は 36 L との直接接触（メタルコンタクト）を回避して音の発生を抑制するようにしてもよい。このことは、後述する第 8 実施の形態（図 16）にも同様に言えることである。

次に、本発明の第 8 実施の形態に係る電磁サスペンション装置 1 a 3 を図 16 に基づき、図 1（第 1 実施の形態）を参照して説明する。

図 16 の電磁サスペンション装置 1 a 3 は、図 14 の自在継手機構 35 b 1 に代わる自在継手機構 35 b 3 を備えている。自在継手機構 35 b 3 は、図 14 の自在継手機構 35 b 1 に比して、センターヨーク 17 がピン 36 を有していないこと、軸方向延設部 92 を有する固定部材 90 に代えて、軸方向延設部 92 が廃止された固定部材 90 A を有すること、固定部材 90 A はボルト 95 によりキャ

ップ２６に固定されること、固定部材９０Ａの径方向延設部９３とセンターヨーク１７との間にゴム製又は弾性を有する樹脂製のインシュレータ３９Ｍが介在され、センターヨーク１７（第２の筒状部材）の上端側をインシュレータ３９Ｍに当接すると共に、センターヨーク１７の下端側を図１に示すばね受３１に当接するまで延長して位置決めしたことが主に異なっている。

上述したようにセンターヨーク１７をインシュレータ３９Ｍとばね受３１との間に挟んで位置決めしたことにより、センターヨーク１７は軸方向に移動規制されると共にキャップ２６ひいてはシリンダ４に対して径方向に移動可能とされている。換言すれば、キャップ２６ひいてはシリンダ４は、センターヨーク１７に対して径方向に移動可能となっている。このため、センターヨーク１７（又は永久磁石１８）と、第１の筒状部材としてのアウターヨーク１６（又はコイル１５）との軸方向のスムーズな相対変位を確保することができる。

次に、本発明の第９実施の形態に係る電磁サスペンション装置１ａ４を図１７及び図１８に基づいて説明する。この電磁サスペンション装置１ａ４は、センターヨーク１７（第２の筒状部材）のセンターヨーク蓋部２８とキャップ２６（シリンダ４）との間に設けられた自在継手機構３５ｂ４と、ピストンロッド５とアウターヨーク側パイプ１３Ａ〔アウターヨーク１６（第１の筒状部材）〕との間に設けられた自在継手機構３５ｂ５とを備えている。

図１７及び図１８において、電磁サスペンション装置１ａ４は、アウターチューブ９に接続されたリング部材８０Ａを介してアウターチューブ９と一体となったキャップ２６を有している。キャップ２６の内側に接続されたロッドガイド２６ａには、ドライメタル（以下、キャップ内ドライメタルという）２９ａが設けられている。キャップ内ドライメタル２９ａは、ピストンロッド５をシリンダ４側に対して摺動案内するようにしている。

リング部材８０Ａは、キャップ２６のアウターチューブ９側部分と、アウターチューブ９のキャップ２６側部分との間を延びている。リング部材８０Ａは、アウターチューブ９の内側に嵌合する筒状のリング部材基部８１Ａと、リング部材基部８１Ａに接続し、キャップ２６の外周を覆う筒状のリング部材本体８２Ａと、から大略構成されている。リング部材本体８２Ａは、図９のリング部材本体８２

と異なり、円弧状外周部 8 3 を備えていない。

電磁サスペンション装置 1 a 4 は、アウターヨーク側パイプ 1 3 A を備えている。アウターヨーク側パイプ 1 3 A は、筒状のアウターヨーク 1 6 に接続している。筒状のアウターヨーク 1 6 の内周部にはコイル 1 5 が設けられている。アウターヨーク側パイプ 1 3 A は、その上端部に蓋部（以下、アウターヨーク側パイプ蓋部という）2 0 A を有している。アウターヨーク側パイプ蓋部 2 0 A には、ピストンロッド 5 を通す孔 1 9 A が形成されている。孔 1 9 A の内径はピストンロッド 5 の径に比べて大きい値とされている。孔 1 9 A は、後述するインシュレータ 3 9 N と協働し、アウターヨーク側パイプ 1 3 A についてはアウターヨーク 1 6 のピストンロッド 5 に対する径方向の移動を許容するものになっている。

また、電磁サスペンション装置 1 a 4 は、フランジ 2 2 a を有するカラー 2 2 を備え、フランジ 2 2 a とアウターヨーク側パイプ蓋部 2 0 A との間に介装された環状のインシュレータ 3 9 N を備えている。アウターヨーク側パイプ蓋部 2 0 A は、インシュレータ 3 9 N と共に、カラー 2 2 と肩部 2 1 との間に挟まれて、ナット 9 6 の締め付けにより軸方向への移動が規制されている。本実施の形態では、自在継手機構 3 5 b 5 は、ナット 9 6 と、孔 1 9 A を形成したアウターヨーク側パイプ蓋部 2 0 A と、カラー 2 2 と、インシュレータ 3 9 N とを備えている。この自在継手機構 3 5 b 5 は、ピストンロッド 5 のアウターヨーク 1 6 に対する径方向への移動を許容すると共に、ピストンロッド 5 のアウターヨーク 1 6 に対する軸方向への移動を規制するようになっている。

自在継手機構 3 5 b 4 は、センターヨーク蓋部 2 8 の孔 2 7 を中心にして周方向に複数個形成された孔 6 8 と、この孔 6 8 に挿入してキャップ 2 6 に形成されたねじ孔 9 7 に螺合されるボルト（キャップ固定ボルト）6 9 A と、を備えている。

キャップ固定ボルト 6 9 A は、孔 6 8 に挿入されてキャップ 2 6 に固定されるボルト本体 7 0 A と、ボルト本体 7 0 A に固定されたボルト頭部 7 1 A とからなっている。孔 6 8 には、筒状でゴム製又は弾性を有する樹脂製のインシュレータ 3 9 O が挿入されている。インシュレータ 3 9 O には、所定長さの筒状のボルトガイド 9 8 が挿入されている。

キャップ固定ボルト 6 9 A は、ボルトガイド 9 8 を通してねじ孔 9 7 に螺合される。また、ボルト頭部 7 1 A とボルトガイド 9 8 のフランジ 9 9 との間には、ワッシャ 1 0 0 が介装されている。ボルトガイド 9 8 のフランジ 9 9 とセンターヨーク蓋部 2 8 との間には、環状でゴム製又は弾性を有する樹脂製のインシュレータ（以下、上側インシュレータという。） 3 9 P が介装されている。また、センターヨーク蓋部 2 8 とキャップ 2 6 との間には、環状でゴム製又は弾性を有する樹脂製のインシュレータ（以下、下側インシュレータという。） 3 9 Q が介装されている。

キャップ固定ボルト 6 9 A は、ボルト頭部 7 1 A を、ワッシャ 1 0 0、ボルトガイド 9 8 のフランジ 9 9 及び上側インシュレータ 3 9 P を介して、センターヨーク蓋部 2 8 の外面部に押圧することにより、キャップ 2 6（シリンダ 4）のセンターヨーク 1 7 に対する軸方向への移動を規制している。図 1 8 のように、キャップ固定ボルト 6 9 A の下端側が、センターヨーク蓋部 2 8 の肉厚の長さよりも長いキャップ 2 6 に当接された所定長さのボルトガイド 9 8 を介して、キャップ 2 6 に螺合されている。したがって、キャップ固定ボルト 6 9 A に過度の締付トルクが加えられても、ボルトガイド 9 8 が必要な力以上の余分な力を受け止めるので、センターヨーク 1 7 をキャップ 2 6（シリンダ 4）に一定の力で固定できる。すなわち、キャップ固定ボルト 6 9 A の締付トルクがばらついたとしても、ボルトガイド 9 8 によってセンターヨーク 1 7 がキャップ 2 6（シリンダ 4）に対して一定の大きさ以上の力で固定されることがない。

キャップ固定ボルト 6 9 A は、インシュレータ 3 9 O を介してセンターヨーク蓋部 2 8 の孔 6 8 に挿入されており、センターヨーク蓋部 2 8 との間にインシュレータ 3 9 O が介在されているので、キャップ 2 6 ひいてはシリンダ 4 に対して径方向へ移動可能となっている。

この電磁サスペンション装置 1 a 4 は、インシュレータ 3 9 O を介してキャップ固定ボルト 6 9 A をセンターヨーク蓋部 2 8 の孔 6 8 に挿入するように自在継手機構 3 5 b 4 を設けている。この自在継手機構 3 5 b 4 によって、シリンダ 4（キャップ固定ボルト 6 9 A）のセンターヨーク 1 7（センターヨーク蓋部 2 8）に対する径方向の移動が許容される。また、センターヨーク蓋部 2 8 及びキャッ

プ26はキャップ固定ボルト69Aに締付けられているので、センターヨーク17（センターヨーク蓋部28）とシリンダ4（キャップ26）とは軸方向に移動規制されている。この際、ボルトガイド98のフランジ99とセンターヨーク蓋部28との間には上側インシュレータ39Pが介装されているので、ボルトガイド98のフランジ99とセンターヨーク蓋部28との直接接触（メタルコンタクト）を回避して音の発生を抑制するようにしている。また、センターヨーク蓋部28とキャップ26との間には下側インシュレータ39Qが介装されているので、センターヨーク蓋部28とキャップ26との直接接触（メタルコンタクト）を回避して音の発生を抑制するようにしている。

また、アウターヨーク側パイプ蓋部20Aに形成したピストンロッド5に比して大径の孔19Aにピストンロッド5を挿通し、フランジ22aとアウターヨーク側パイプ蓋部20との間には環状のインシュレータ39Nを介装している所以、ピストンロッド5のアウターヨーク16（アウターヨーク側パイプ13A）に対する径方向の移動が許容される。

また、アウターヨーク側パイプ蓋部20がインシュレータ39Nと共に、カラー22と肩部21（ピストンロッド5）との間に挟まれて、ナット96の締め付けにより軸方向への移動が規制されている。これにより、アウターヨーク側パイプ13（アウターヨーク側パイプ蓋部20）に連結したアウターヨーク16は、ピストンロッド5に対して軸方向の移動が規制される。

上記すべての実施例では、アウターヨーク16側にコイル15を設けセンターヨーク17側に永久磁石18を設けているが、これに限るものではなく、アウターヨーク16側に永久磁石18を設けセンターヨーク17側にコイル15を設ける構成でもよい。すなわち、アウターヨークにコイル部材と磁性部材のいずれか一方を設け、センターヨークに他方を設けるようにすることができる。

上記すべての実施例では、ピストンロッドに設けられるアウターヨーク16の内部に、シリンダに設けられるセンターヨーク17を収納しているが、これに限るものではなく、シリンダに設けられるセンターヨーク17の内部に、ピストンロッドに設けられるアウターヨーク16を収納する構成でもよい。すなわち、一方の筒状部材の内側または外側に他方の筒状部材を対向して設けるようにするこ

とができる。

Although only some exemplary embodiments of this invention have been described in detail above, those skilled in the art will readily appreciate that many modifications are possible in the exemplary embodiments without materially departing from the novel teaching and advantages of this invention. Accordingly, all such modifications are intended to be included within the scope of this invention.

The entire disclosure of Japanese Patent Applications No. 2003-54358 filed on February 28, 2003 and No. 2004-24670 filed on January 30, 2004 including specifications, claims, drawings and summaries is incorporated herein by reference in its entirety.

What is claimed is:

1. シリンダと該シリンダと相対変位可能なロッドとを有する伸縮部材と、
前記ロッドに設けられ、コイル部材及び磁性部材のいずれか一方を備えた第 1 の筒状部材と、
前記シリンダに対して径方向に移動可能でかつ軸方向に移動規制されて設けられ、磁性部材及びコイル部材のいずれか他方を備え、前記第 1 の筒状部材の内側または外側に対向して設けられた第 2 の筒状部材と、
を備えたことを特徴とする電磁サスペンション装置。
2. シリンダと該シリンダと相対変位可能なロッドとを有する伸縮部材と、
前記シリンダに設けられ、コイル部材及び磁性部材のいずれか一方を備えた第 2 の筒状部材と、
前記ロッドに対して径方向に移動可能でかつ軸方向に移動規制されて設けられ、磁性部材及びコイル部材のいずれか他方を備え、前記第 2 の筒状部材の内側または外側に対向して設けられた第 1 の筒状部材と、
を備えたことを特徴とする電磁サスペンション装置。
3. シリンダと該シリンダと相対変位可能なロッドとを有する伸縮部材と、
前記シリンダに対して径方向に移動可能でかつ軸方向に移動規制されて設けられ、コイル部材及び磁性部材のいずれか一方を備えた第 2 の筒状部材と、
前記ロッドに対して径方向に移動可能でかつ軸方向に移動規制されて設けられ、磁性部材及びコイル部材のいずれか他方を備え、前記第 2 の筒状部材の内側または外側に対向して設けられた第 1 の筒状部材と、
を備えたことを特徴とする電磁サスペンション装置。
4. シリンダと該シリンダと相対変位可能なロッドとを有する伸縮部材と、
該伸縮部材に設けられ、前記ロッドの変位を案内するロッドガイドと、
該ロッドガイドの外周側に設けられた球状軸受と、
該球状軸受に揺動自在に案内されて設けられ、コイル部材及び磁性部材のいずれか一方を備えた第 2 の筒状部材と、
前記ロッドに一体的に、または、前記ロッドに対して径方向に移動可能でかつ軸方向に移動規制されて設けられ、磁性部材及びコイル部材のいずれか他方を備

え前記第 2 の筒状部材に対向して設けられた第 1 の筒状部材と、

を備えたことを特徴とする電磁サスペンション装置。

5. 請求項 1 に記載の装置において、前記第 1 の筒状部材と前記第 2 の筒状部材との間に、各々を摺動案内するベアリング部材を設けたことを特徴とする電磁サスペンション装置。

6. 請求項 1 に記載の装置において、前記シリンダと前記第 2 の筒状部材との間に、径方向への移動を許容し軸方向への移動を規制する自在継手機構を設けたことを特徴とする電磁サスペンション装置。

7. 請求項 2 に記載の装置において、前記ロッドと前記第 1 の筒状部材との間に、径方向への移動を許容し軸方向への移動を規制する自在継手機構を設けたことを特徴とする電磁サスペンション装置。

8. 請求項 3 に記載の装置において、前記シリンダと前記第 2 の筒状部材との間および前記ロッドと前記第 1 の筒状部材との間に、それぞれ径方向への移動を許容し軸方向への移動を規制する自在継手機構を設けたことを特徴とする電磁サスペンション装置。

9. 請求項 2 に記載の装置において、前記第 1 の筒状部材と前記第 2 の筒状部材との間に、各々を摺動案内するベアリング部材を設けたことを特徴とする電磁サスペンション装置。

10. 請求項 3 に記載の装置において、前記第 1 の筒状部材と前記第 2 の筒状部材との間に、各々を摺動案内するベアリング部材を設けたことを特徴とする電磁サスペンション装置。

11. 請求項 4 に記載の装置において、前記第 1 の筒状部材と前記第 2 の筒状部材との間に、各々を摺動案内するベアリング部材を設けたことを特徴とする電磁サスペンション装置。

12. 請求項 5 に記載の装置において、前記シリンダと前記第 2 の筒状部材との間に、径方向への移動を許容し軸方向への移動を規制する自在継手機構を設けたことを特徴とする電磁サスペンション装置。

13. 請求項 4 に記載の装置において、前記ロッドと前記第 1 の筒状部材との間に、径方向への移動を許容し軸方向への移動を規制する自在継手機構を設けた

ことを特徴とする電磁サスペンション装置。

14. 請求項9に記載の装置において、前記ロッドと前記第1の筒状部材との間に、径方向への移動を許容し軸方向への移動を規制する自在継手機構を設けたことを特徴とする電磁サスペンション装置。

15. 請求項11に記載の装置において、前記ロッドと前記第1の筒状部材との間に、径方向への移動を許容し軸方向への移動を規制する自在継手機構を設けたことを特徴とする電磁サスペンション装置。

16. 請求項10に記載の装置において、前記シリンダと前記第2の筒状部材との間および前記ロッドと前記第1の筒状部材との間に、それぞれ径方向への移動を許容し軸方向への移動を規制する自在継手機構を設けたことを特徴とする電磁サスペンション装置。

ELECTROMAGNETIC SUSPENSION SYSTEM

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

電磁サスペンション装置は、シリンダをセンターヨークに対して径方向に移動可能でかつ軸方向に移動規制する自在継手機構を備えている。シリンダがセンターヨークに対して径方向への移動が許容されるので、シリンダに横力が作用しても、この油圧ダンパに作用する横力は、センターヨーク 17 の径方向の移動又は揺動に関してほとんど影響することがない。このため、センターヨーク側ドライメタル及びピストンロッド側ドライメタルに過度の摺動摩擦が生じないので、センターヨークとアウターヨークとの軸方向のスムーズな相対変位を確保することができる。